

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-284282

(43)Date of publication of application : 15.10.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

H01L 33/00

(21)Application number : 10-085282

(71)Applicant : FUJI PHOTO FILM CO LTD

(22)Date of filing : 31.03.1998

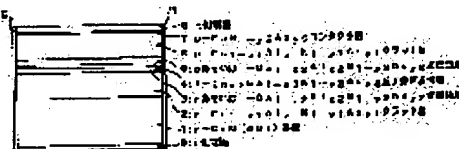
(72)Inventor : FUKUNAGA TOSHIAKI

(54) SHORT WAVELENGTH LIGHT EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable effectively generating a light of high output power, by using a substrate of cubic system, making an active layer an $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}_1\text{y}_3\text{Asy}_3$ quantum well, and constituting a clad layer and an optical waveguide layer of GaAlNAs system lattice-matching with the substrate or of GaAlN/GaNAs superlattice.

SOLUTION: A short wavelength light emitting element has an N-Ga1-x1Alx1 N1-y1Asy1 clad layer 2, an N or I-Ga1-x2Alx2N1-y2Asy2 optical waveguide layer 3, an I-Inx3Ga1-x3N1-y3Asy3 quantum well active layer 4, a P or I-Ga1-x2Alx2N1-y2 Asy2 optical waveguide layer 5, a P-Ga1-x1Alx1N1-y1Asy1 clad layer 6 and a P-GaN1-y5Asy5 contact layer 7, on an N-GaN substrate 1 of cubic system. The clad layers 2, 6 and the optical waveguide layers 3, 5 lattice-match with the N-GaN substrate 1. As a result, generation of a current which is to be caused by leakage of carrier is restrained, the increase of element temperature can be reduced at the time of a high driving current, and reliability of the element can be improved.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-284282

(43) 公開日 平成11年(1999)10月15日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平10-85282

(22) 出願日

平成10年(1998) 3月31日

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 福永 敏明

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

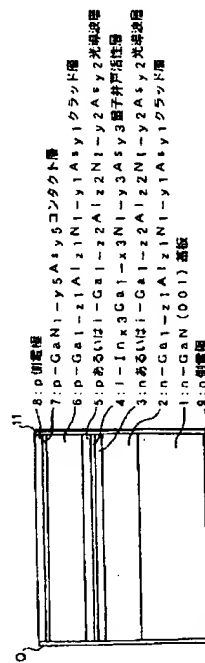
(74) 代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54) 【発明の名称】 短波長発光素子

(57) 【要約】

【課題】 青色領域や緑色領域のレーザービームを、効率良く高出力で発生可能な短波長発光素子を得る。

【解決手段】 立方晶のGa_{1-x}NまたはGa_{1-x}NAs基板1を用い、活性層4をIn_xGa_{1-x}N_{1-y}As_y量子井戸とし、そしてクラッド層2、6および光導波層5を、基板1に格子整合する、NとAsの両方を含むGaAlNAs系、あるいはGaAlNAs/Ga_{1-x}NAs超格子とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 立方晶のGaNまたはGaNAs基板と、
基板に格子整合する $Ga_{1-x}Al_zN_{1-y}As_v$ または $Ga_{1-x}Al_zN_{1-y}As_v/GaN_{1-y}As_v$ 超格子からなるクラッド層と、
基板に格子整合する $Ga_{1-x}Al_zN_{1-y}As_v$ または $Ga_{1-x}Al_zN_{1-y}As_v/GaN_{1-y}As_v$ 超格子からなる光導波層と、
 $In_xGa_{1-x}N_{1-y}As_v$ 量子井戸活性層とからなる短波長発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は短波長発光素子に関し、特に詳細には、青、緑の波長領域の光が得られる短波長発光素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、青色あるいはそれに近い色の光を発する短波長発光素子として、例えば文献Jpn.J.Appl.Phys.Lett.,Vol.36(1997)p.L1059に示されるように、サファイア基板上にInGaN多重量子井戸活性層を形成してなる、400nm帯の光を発するInGaN系青紫半導体レーザーが知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この系では、文献Appl.Phys.Lett.,Vol.70(1997)p.981に示されているように、In含有量が増えると、InGaNでの組成の不均一により組成の分離が起こり、良好な素子が得られないという欠点が認められている。このことは、In組成が10%ではInが均一に混ざらず、混晶化しないという文献Appl.Phys.Lett.,Vol.69(1996)p.2701の熱力学的計算結果と良く符合している。

【0004】以上の事情から、InGaN系では、10%以上のIn組成を必要とする青あるいは緑色のレーザー光を得るのは非常に困難となっている。

【0005】本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、青色領域や緑色領域のレーザービーム等の光を、効率良く高出力で発生可能な短波長発光素子を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明による短波長発光素子は、立方晶のGaNまたはGaNAs基板を用い、活性層を $In_xGa_{1-x}N_{1-y}As_v$ 量子井戸とし、そしてクラッド層および光導波層をそれぞれ、基板に格子整合するGaAlInAs系、あるいは基板に格子整合するGaAlInAs/GaNAs超格子から形成したことを特徴とするものである。

【0007】ここで、上述のようにクラッド層あるいは光導波層が基板に「格子整合する」とは、クラッド層あるいは光導波層の格子定数をa、基板の格子定数をa、

としたとき、 $(a-a_s)/a_s$ の絶対値が0.3%以下の値を取る場合を指すものとする。

【0008】

【発明の効果】上記の構成を有する本発明の短波長発光素子においては、各層にAsを添加したことにより、前述のInGaN系青紫半導体レーザーよりも発振波長を長波長化して、青あるいは緑色の発光を得ることができる。さらに、この短波長発光素子においては、上記Asの添加効果により赤色の発光を得ることもできる。

【0009】なお、As雰囲気中でGaNを成長させる場合は、Asのサーファクタント効果により、六方晶のGaNより立方晶のGaNの方が成長しやすいことは、例えば文献Appl.Phys.Lett.,Vol.70(1997)p.1025にも示されている。

【0010】さらに本発明によれば、立方晶の基板を用いていることにより、(1)効果によるバンドギャップの影響を避けるために活性層の量子井戸厚を小さくする必要がないので、量子井戸幅を広くして発振波長を長くすることができ、キャリアの漏れも低減できる。(2)立方晶の結晶であるため、活性層の歪により価電子帯の有効質量が小さくなる。

【0011】という効果も得られる。

【0012】さらには、上述のように各層にAsを添加していることにより、(3)クラッド層および光導波層の格子不整合度を低減し、また六方晶の結晶成長を抑制して、積層欠陥の発生を抑制できる。(4)層成長中にAsが照射され続けるので、立方晶の結晶が形成されやすい。(5)Asを含有する活性層を用いることによりスピン軌道相互作用が大きくなり価電子帯の有効質量が小さくなる。それにより、素子特性の温度依存性が小さい半導体レーザを提供できる。

【0013】という効果も得られる。

【0014】以上により本発明によれば、キャリアの漏れによる電流の発生が抑制され、高駆動電流時にも素子温度上昇を低減でき、高出力発振時での素子の信頼性が向上する。

【0015】さらには、基板に格子整合する分布反射超格子を作製でき、この反射鏡を用いた面発光半導体レーザ素子の作製も可能となる。

40 【0016】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0017】<第1実施形態>図1は、本発明の第1実施形態による短波長発光素子の概略側断面形状を示すものである。この短波長発光素子は、立方晶のn-GaN(001)基板1上にn-Ga_{1-x}Al_zN_{1-y}As_vクラッド層2、nあるいはi-Ga_{1-x}Al_zN_{1-y}As_v光導波層3、i-In_xGa_{1-x}N_{1-y}As_v量子井戸活性層4、pあるいはi-Ga_{1-x}Al_zN_{1-y}As_v光導波層5、p-Ga_{1-x}Al_zN_{1-y}As_vクラ

50

ッド層6、およびp-GaN_{1-v1}As_{v1}コンタクト層7を有している。

【0018】上記の各層2〜7は例えば有機金属気相成長法により形成され、次いで基板1が研磨され、その後p側電極8およびn側電極9が形成される。そしてへき開により共振器を形成後、高反射コート10と低反射コート11を施し、チップ化することにより、この短波長発光素子が完成する。

【0019】なおクラッド層2、6および光導波層3、5は、n-GaN基板1に格子整合する組成とする。この格子整合の定義は、先に述べた通りである。

【0020】この実施形態は単純な全面電極を形成する例であるが、以上の層構成において絶縁膜ストライプを形成して、利得導波ストライブレザを作製したり、通常のフォトリソグラフィやドライエッチングによる加工を行なって屈折率導波機構付き半導体レーザや、回折格子付きの半導体レーザや光集積回路を作製することも可能である。

【0021】また上記実施形態では、GaN基板1はn型の導電性のものとしているが、p型の導電性基板を用いてもよく、そのようにする場合、上記全ての導電性を反対にすればよい。一方、活性層は多重量子井戸構造とされてもよい。

【0022】＜第2実施形態＞図2は、本発明の第2実施形態による短波長発光素子の概略側断面形状を示すものである。この短波長発光素子は、立方晶のn-GaN(001)基板21上にn-Ga_{1-x1}Al_{x1}N_{1-v1}As_{v1}/GaN_{1-v1}As_{v1}超格子クラッド層22、nあるいはi-Ga_{1-x2}Al_{x2}N_{1-v2}As_{v2}光導波層23、i-In_{x3}Ga_{1-x3}N_{1-v3}As_{v3}量子井戸活性層24、pあるいはi-Ga_{1-x4}Al_{x4}N_{1-v4}As_{v4}光導波層25、p-Ga_{1-x1}Al_{x1}N_{1-v1}As_{v1}/GaN_{1-v1}As_{v1}超格子クラッド層26、およびp-GaN_{1-v1}As_{v1}コンタクト層27を有している。

【0023】上記の各層22〜27は例えば有機金属気相成長法により形成され、次いで基板21が研磨され、その後p側電極28およびn側電極29が形成される。そしてへき開により共振器を形成後、高反射コート30と低反射コート31を施し、チップ化することにより、この短波長発光素子が完成する。

【0024】なおクラッド層22、26は、n-GaN基板21に格子整合する膜厚および組成比とされる。一方光導波層23、25は、GaN基板21に格子整合するGa_{1-x2}Al_{x2}N_{1-v2}As_{v2}/GaN_{1-v2}As_{v2}超格子構造からなるものとされてもよい。

【0025】この実施形態は単純な全面電極を形成する例であるが、以上の層構成において絶縁膜ストライプを形成して、利得導波ストライブレザを作製したり、通常のフォトリソグラフィやドライエッチングによる加工を行なって屈折率導波機構付き半導体レーザや、回折

格子付きの半導体レーザや光集積回路を作製することも可能である。

【0026】また上記実施形態では、GaN基板21はn型の導電性のものとしているが、p型の導電性基板を用いてもよく、そのようにする場合、上記全ての導電性を反対にすればよい。一方、活性層は多重量子井戸構造とされてもよい。

【0027】＜第3実施形態＞図3は、本発明の第3実施形態による短波長発光素子の概略正断面形状を示すものである。この短波長発光素子は、立方晶のn-GaN(001)基板41上にn-Ga_{1-x1}Al_{x1}N_{1-v1}As_{v1}クラッド層42、nあるいはi-Ga_{1-x2}Al_{x2}N_{1-v2}As_{v2}光導波層43、i-In_{x3}Ga_{1-x3}N_{1-v3}As_{v3}量子井戸活性層44、pあるいはi-Ga_{1-x4}Al_{x4}N_{1-v4}As_{v4}光導波層45、p-Ga_{1-x1}Al_{x1}N_{1-v1}As_{v1}第1上部クラッド層46、n-Ga_{1-x4}Al_{x4}N_{1-v4}As_{v4}電流狭窄層47、n-GaN_{1-v1}As_{v1}キャップ層48、p-Ga_{1-x1}Al_{x1}N_{1-v1}As_{v1}第2上部クラッド層51、p-GaN_{1-v1}As_{v1}コンタクト層52を有している。

【0028】上記の各層22〜28は例えば有機金属気相成長法により形成される。図4に示されるようにn-GaN_{1-v1}As_{v1}キャップ層48までが形成された後、その上にSiO₂膜49が成膜され、その上にレジスト50が塗布される。次に通常のフォトリソグラフィにより、幅3μm程度のストライプ領域のSiO₂膜49およびレジスト50が除去される(図4の状態)。

【0029】その後、レジスト50をマスクとしてドライエッチングにより、n-Ga_{1-x2}Al_{x2}N_{1-v2}As_{v2}電流狭窄層47(厚み1μm程度)が除去され、それにより、p-Ga_{1-x1}Al_{x1}N_{1-v1}As_{v1}第1上部クラッド層46が露出するようになる。そしてその上に、p-Ga_{1-x1}Al_{x1}N_{1-v1}As_{v1}第2上部クラッド層51およびp-GaN_{1-v1}As_{v1}コンタクト層52が、有機金属気相成長法等によって形成される。

【0030】次いで基板41が研磨され、その後p側電極53およびn側電極54が形成される。そしてへき開により共振器を形成後、図3の紙面に垂直な方向に互いに離れている両端面にそれぞれ高反射コートと低反射コートを施し、チップ化することにより、この短波長発光素子が完成する。

【0031】なおp-Ga_{1-x1}Al_{x1}N_{1-v1}As_{v1}第1上部クラッド層46の厚みおよびn-Ga_{1-x2}Al_{x2}N_{1-v2}As_{v2}電流狭窄層47の組成は、単一基本モードによる屈折率導波が達成できるようなものとされる。

【0032】＜第4実施形態＞図5は、本発明の第4実施形態による短波長発光素子の概略側断面形状を示すものである。この短波長発光素子は、立方晶のn-GaN(001)基板61上にn-Ga_{1-x1}Al_{x1}N_{1-v1}As_{v1}クラッド層62、nあるいはi-Ga_{1-x2}Al_{x2}N_{1-v2}As_{v2}光導波層63、i-In_{x3}Ga_{1-x3}N_{1-v3}As_{v3}量子

井戸活性層64、pあるいはi-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_y光導波層65、p-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_yクラッド層66、p-GaN_{1-y}As_yコンタクト層67、n-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_y層68、p-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_y層69、n-GaN_{1-y}As_yコンタクト層70、n-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_yクラッド層71、nあるいはi-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_y光導波層72、i-In_xGa_{1-x}N_{1-x}As_y量子井戸活性層73、pあるいはi-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_y光導波層74、p-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_yクラッド層75、p-GaN_{1-y}As_yコンタクト層76、n-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_y層77、p-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_y層78、n-GaN_{1-y}As_yコンタクト層79、n-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_yクラッド層80、nあるいはi-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_y光導波層81、i-In_xGa_{1-x}N_{1-x}As_y量子井戸活性層82、pあるいはi-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_y光導波層83、p-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_yクラッド層84、p-GaN_{1-y}As_yコンタクト層85を有している。

【0033】上記の各層62～85は例えば有機金属気相成長法により形成される。なおコンタクト層と活性層以外は、Ga_{1-x}N_{1-x}に格子整合する組成とされる。またGa_{1-x}N_{1-x}As_yコンタクト層67、70、76、79、85は、Asの含有率が0.5%以下、好ましくは0.1%以下の組成とする。

【0034】上述した各層62～85が形成された後、引き続き通常のフォトリソグラフィとドライエッチングにより、屈折率導波構造を形成するリッジと、n側電極88をn-GaN_{1-y}As_yコンタクト層70、79の上に形成するための領域が順次形成される。

【0035】次いで絶縁膜86が形成された後、通常のフォトリソグラフィとドライエッチングにより、リッジ上部のp側電極形成のための領域において絶縁膜86が除去され、p側電極87、87、87が蒸着により形成される。そしてn側電極形成領域以外のp側電極材料が除去され、アロイ処理がなされる。

【0036】次いでレジストが塗布された後、通常のフォトリソグラフィにより、n側電極形成のための領域のレジストおよび絶縁膜86が除去され、n側電極88が蒸着により形成される。そしてレジストとその上に蒸着されたn側電極材料が除去される。最後にn-GaN(001)基板61の裏にn側電極89が形成され、アロイ処理がなされた後、前述と同様のへき開および端面コートがなされて、この屈折率導波型レーザが完成する。

【0037】この実施形態においては、p-GaN_{1-y}As_yコンタクト層67、n-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_y層68、p-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_y層69、n-GaN_{1-y}As_yコンタクト層70および、p-GaN_{1-y}As_yコンタクト層76、n-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_y層77、p-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_y層78、n-GaN_{1-y}As_yコンタクト層79により、pnpn構造の電流阻止構造が形成されている。

【0038】3つのリッジ構造を持つこの屈折率導波型レーザにおいては、各量子井戸活性層64、73、82の組成を変えることにより、3つの発振波長を実現できる。なお、P-クラッド層66、75、84の各残し厚d1、d2、d3は、各発振波長で基本横モード発振が可能となる厚みとする。さらに層構成を増やせば、4つ以上の発振波長を有するレーザも作製可能である。

【0039】<第5実施形態>図6は本発明の第5実施形態による短波長発光素子の概略平面形状を示すものであり、また図7は図6のA-B線に沿った側断面形状を示すものである。この短波長発光素子は、立方晶のn-GaN(001)基板91上にn-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_y/Ga_{1-x}N_{1-x}As_y超格子分布反射層92、i-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_y/In_xGa_{1-x}N_{1-x}As_y量子井戸活性層93、p-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_y/Ga_{1-x}N_{1-x}As_y超格子分布反射層94、p-GaN_{1-y}As_yコンタクト層95を有している。

【0040】上記の各層92～95は例えば有機金属気相成長法により形成される。その後、円筒形の領域を残して、n-Ga_{1-x}Al_{1-x}N_{1-x}As_y/Ga_{1-x}N_{1-x}As_y超格子分布反射層92の途中までが除去される。次いで絶縁膜96が形成された後、円筒の上部領域の絶縁膜96が除去され、その上にp側電極97が形成される。次に基板91の裏側にn側電極98が形成され、上記円筒に対向する領域の基板91およびn側電極98が除去され、チップ化されてこの短波長発光素子が完成する。

【0041】なお超格子分布反射層の各膜厚を、発振波長を該波長での屈折率で割った値の1/4になるようにし、基板に格子整合する組成とする。また、発振する波長帯に関しては、Asを含む4元の組成InGaNaAsから活性層を形成していることにより、420～600nmの範囲で制御が可能になっている。

【0042】以上、本発明が適用された半導体レーザの実施形態について述べたが、本発明の短波長発光素子は、面発光LED等の面発光半導体素子として形成することも可能である。

【0043】一方、成長法としては、固体あるいはガスを原料とする分子線エピタキシャル成長法等を適用することもできる。

【0044】そして本発明の短波長発光素子は、高速な情報・画像処理および通信、計測、医療、印刷の分野での光源として広範に応用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態による短波長発光素子を示す概略側断面図

【図2】本発明の第2実施形態による短波長発光素子を示す概略側断面図

【図3】本発明の第3実施形態による短波長発光素子を示す概略正断面図

【図4】上記第3実施形態の短波長発光素子の製造方法を説明する概略図

【図5】本発明の第4実施形態による短波長発光素子を示す概略側断面図

【図6】本発明の第5実施形態による短波長発光素子を示す概略平面図

【図7】図6のA-B線に沿った部分を示す概略側断面図

【符号の説明】

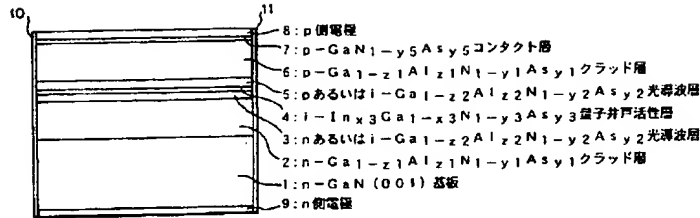
- 1 n-GaN(001)基板
- 2 n-Ga_{1-x1}Al_{z1}N_{1-v1}As_{v1}クラッド層
- 3 nあるいはi-Ga_{1-x2}Al_{z2}N_{1-v2}As_{v2}光導波層
- 4 i-In_{x3}Ga_{1-x3}N_{1-v3}As_{v3}量子井戸活性層
- 5 pあるいはi-Ga_{1-x2}Al_{z2}N_{1-v2}As_{v2}光導波層
- 6 p-Ga_{1-x1}Al_{z1}N_{1-v1}As_{v1}クラッド層
- 7 p-GaN_{1-v3}As_{v3}コンタクト層
- 8 p側電極
- 9 n側電極
- 10 高反射コート
- 11 低反射コート
- 21 n-GaN(001)基板
- 22 n-Ga_{1-x1}Al_{z1}N_{1-v1}As_{v1}/Ga_{1-v1}As_{v1}超格子クラッド層
- 23 nあるいはi-Ga_{1-x2}Al_{z2}N_{1-v2}As_{v2}光導波層
- 24 i-In_{x3}Ga_{1-x3}N_{1-v3}As_{v3}量子井戸活性層
- 25 pあるいはi-Ga_{1-x2}Al_{z2}N_{1-v2}As_{v2}光導波層
- 26 p-Ga_{1-x1}Al_{z1}N_{1-v1}As_{v1}/Ga_{1-v1}As_{v1}超格子クラッド層
- 27 p-GaN_{1-v3}As_{v3}コンタクト層
- 28 p側電極
- 29 n側電極
- 30 高反射コート
- 31 低反射コート
- 41 n-GaN(001)基板
- 42 n-Ga_{1-x1}Al_{z1}N_{1-v1}As_{v1}クラッド層
- 43 nあるいはi-Ga_{1-x2}Al_{z2}N_{1-v2}As_{v2}光導波層
- 44 i-In_{x3}Ga_{1-x3}N_{1-v3}As_{v3}量子井戸活性層
- 45 pあるいはi-Ga_{1-x2}Al_{z2}N_{1-v2}As_{v2}光導波層
- 46 p-Ga_{1-x1}Al_{z1}N_{1-v1}As_{v1}第1上部クラッド層
- 47 n-Ga_{1-x4}Al_{z4}N_{1-v4}As_{v4}電流狭窄層
- 48 n-GaN_{1-v3}As_{v3}キャップ層

- 51 p-Ga_{1-x1}Al_{z1}N_{1-v1}As_{v1}第2上部クラッド層
- 52 p-GaN_{1-v3}As_{v3}コンタクト層
- 53 p側電極
- 54 n側電極
- 61 n-GaN(001)基板
- 62 n-Ga_{1-x1}Al_{z1}N_{1-v1}As_{v1}クラッド層
- 63 nあるいはi-Ga_{1-x2}Al_{z2}N_{1-v2}As_{v2}光導波層
- 10 64 i-In_{x3}Ga_{1-x3}N_{1-v3}As_{v3}量子井戸活性層
- 65 pあるいはi-Ga_{1-x2}Al_{z2}N_{1-v2}As_{v2}光導波層
- 66 p-Ga_{1-x1}Al_{z1}N_{1-v1}As_{v1}クラッド層
- 67 p-GaN_{1-v3}As_{v3}コンタクト層
- 68 n-Ga_{1-x11}Al_{z11}N_{1-v11}As_{v11}層
- 69 p-Ga_{1-x11}Al_{z11}N_{1-v11}As_{v11}層
- 70 n-GaN_{1-v3}As_{v3}コンタクト層
- 71 n-Ga_{1-x2}Al_{z2}N_{1-v2}As_{v2}クラッド層72
- nあるいはi-Ga_{1-x6}Al_{z6}N_{1-v6}As_{v6}光導波層
- 20 73 i-In_{x7}Ga_{1-x7}N_{1-v7}As_{v7}量子井戸活性層
- 74 pあるいはi-Ga_{1-x6}Al_{z6}N_{1-v6}As_{v6}光導波層
- 75 p-Ga_{1-x2}Al_{z2}N_{1-v2}As_{v2}クラッド層
- 76 p-GaN_{1-v3}As_{v3}コンタクト層
- 77 n-Ga_{1-x11}Al_{z11}N_{1-v11}As_{v11}層
- 78 p-Ga_{1-x11}Al_{z11}N_{1-v11}As_{v11}層
- 79 n-GaN_{1-v3}As_{v3}コンタクト層
- 80 n-Ga_{1-x8}Al_{z8}N_{1-v8}As_{v8}クラッド層
- 30 81 nあるいはi-Ga_{1-x2}Al_{z2}N_{1-v2}As_{v2}光導波層
- 82 i-In_{x10}Ga_{1-x10}N_{1-v10}As_{v10}量子井戸活性層
- 83 pあるいはi-Ga_{1-x2}Al_{z2}N_{1-v2}As_{v2}光導波層
- 84 p-Ga_{1-x8}Al_{z8}N_{1-v8}As_{v8}クラッド層
- 85 p-GaN_{1-v3}As_{v3}コンタクト層
- 86 絶縁膜
- 87 p側電極
- 40 88 n側電極
- 89 n側電極
- 91 n-GaN(001)基板
- 92 n-Ga_{1-x1}Al_{z1}N_{1-v1}As_{v1}/Ga_{1-v1}As_{v1}超格子分布反射層
- 93 i-Ga_{1-x2}Al_{z2}N_{1-v2}As_{v2}/In_{x3}Ga_{1-x3}N_{1-v3}As_{v3}量子井戸活性層
- 94 p-Ga_{1-x1}Al_{z1}N_{1-v1}As_{v1}/Ga_{1-v1}As_{v1}超格子分布反射層
- 95 p-GaN_{1-v3}As_{v3}コンタクト層
- 50 96 絶縁膜

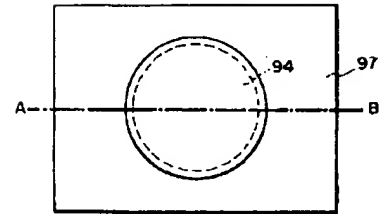
97 p側電極

* * 98 n側電極

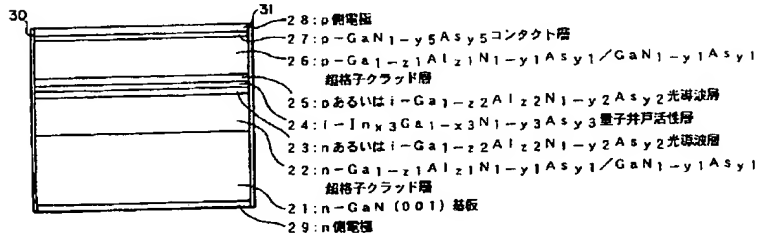
【図1】



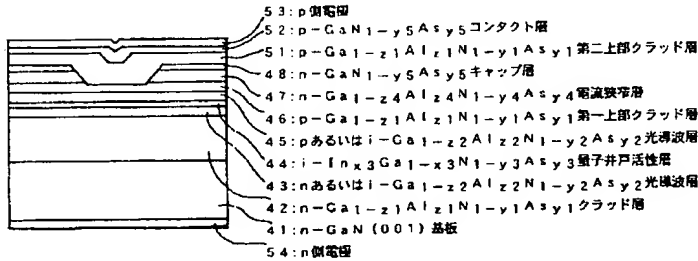
【図6】



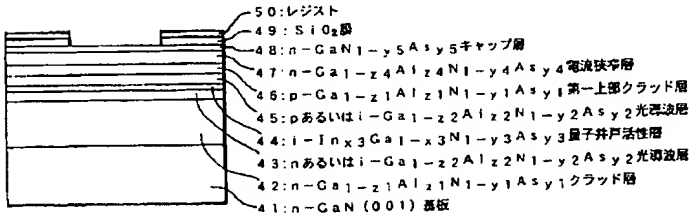
【図2】



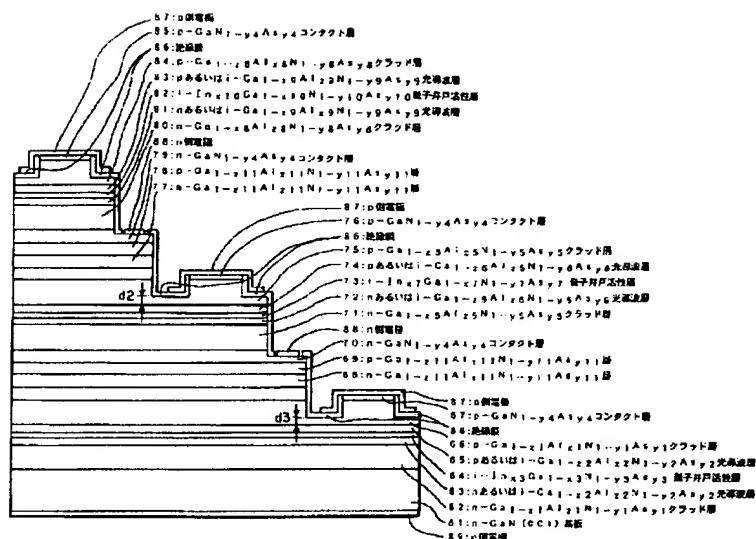
【図3】



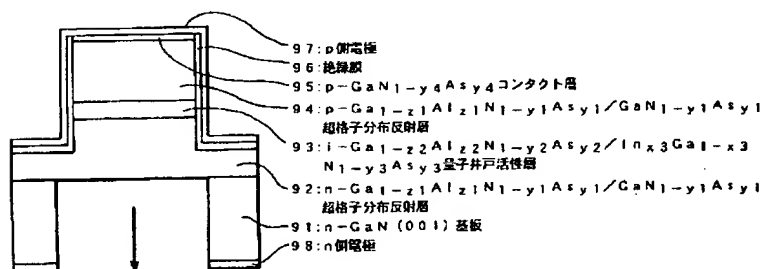
【図4】



【図5】



【図7】



THIS PAGE BLANK (USPTO)